



III-022 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS URBANOS: O CASO DOS RESÍDUOS DO RESTAURANTE E DE PODA DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Juliana Sales Moura ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Regina Mambeli Barros

Engenheira Civil pela Unita. Doutora e Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professora Adjunta II da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Herlane Costa Calheiros

Engenheira Civil pela UFES. Doutora e Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professora Adjunta III da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Geraldo Lúcio Tiago Filho

Engenheira Mecânico pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Doutor em Hidráulica pela Universidade de São Paulo (USP) e Mestre em Engenharia Mecânica na área de Máquinas de Fluxo pela UNIFEI. Professor Titular da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Fernando das Graças Braga da Silva

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia Civil de Araraquara. Pós-Doutor, Doutor e Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor Adjunto II da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Endereço⁽¹⁾: Av. BPS, 1303 - Bairro Pinheirinho - Itajubá-MG - CEP: 37500-903, tel.: (35) 36291224 - fax: (35) 36291265 - e-mail: jsm.juliana@yahoo.com.br

RESUMO

O processo de compostagem de um substrato formado por uma mistura de restos de alimento do Restaurante Acadêmico (RA) e resíduos de podas do *campus* da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), além de esterco das propriedades dos arredores deste *campus* foram avaliados por meio das variáveis: temperatura, umidade, pH, DBO e DQO, durante um período de seis meses, entre março e agosto de 2006. O processo de compostagem foi realizado em seis leiras de 3,0 m³ de volume, que sofreram diferentes tipos de tratamento, tanto no que se refere à composição das mesmas quanto às medidas de controle das condições em que o processo ocorreu. A temperatura e o pH mostraram-se bons indicadores dos estágios de compostagem, sendo que suas alterações acompanharam a evolução do processo. Estes parâmetros são de fácil medição e, portanto, aplicáveis como forma de monitoramento do processo. Tal monitoramento é importante para garantir um composto final de boa qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Resíduos Alimentares, Esterco Bovino, Resíduos de Poda.

INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico, o aumento da qualidade de vida entre algumas camadas da sociedade – e, decréscimo de tal qualidade entre outras –, têm provocado um crescimento elevado nos consumos de energia e matéria-prima, assim como da produção de resíduos e uma maior complexidade na composição dos mesmos. Resulta dessa situação, a produção em massa de bens.

No entanto, não se pode esquecer que a geração de resíduos é intrínseca a todas as atividades humanas, tanto em função de sua natureza biológica, movida por necessidades primárias como a alimentação, quanto pela inserção urbana, que caracteriza o homem como consumidor de produtos industrializados.

A problemática surge quando a produção de resíduos é exagerada. Isso é que diferencia a questão da geração de resíduos nas sociedades do passado e na sociedade moderna. Os homens sempre geraram resíduos; contudo, havia um equilíbrio entre a disposição de rejeitos e a capacidade de sua absorção pelo ambiente.



Pode-se dizer que no passado a geração de resíduos estava em harmonia com a capacidade de assimilação da natureza.

Perante os problemas gerados pela produção excessiva de resíduos, torna-se evidente a necessidade de se promover a gestão adequada dos resíduos sólidos (RS), a fim de prevenir e reduzir os efeitos negativos sobre o ambiente e os riscos para a saúde pública. É preciso dar uma destinação final adequada aos rejeitos gerados.

Existem diversas formas de destinação final dos resíduos sólidos produzidos: aterro sanitário, incineração, entre outras. Levando-se em conta a questão da falta de espaço para a implantação de aterros sanitários, uma alternativa é a reciclagem, que consiste no reaproveitamento de materiais que normalmente seriam descartados e encaminhados para estes aterros. Para realização de um programa de reciclagem, deve-se implementar a coleta seletiva, com a função de separar os materiais passíveis de serem reciclados, a saber: papel/papelão, metal (aço, alumínio), vidro e plástico.

Dentro do conceito da reciclagem, enquadra-se também a compostagem, uma vez que consiste na reciclagem da matéria orgânica. Trata-se de um processo de decomposição microbiológica aeróbia, que deve ocorrer sob condições adequadas de temperatura e umidade. Resulta na formação de um composto orgânico estável, de coloração escura, conhecido por húmus, passível de ser aplicado ao solo para reposição de nutrientes e matéria orgânica. O processo de compostagem há muito tempo é conhecido e utilizado em áreas rurais, onde é praticado de forma empírica. No entanto, apenas recentemente passou a ser pesquisado cientificamente e realizado de forma racional e, portanto, de maneira mais eficiente.

A partir desses estudos científicos, foi possível definir e avaliar os parâmetros intervenientes no processo de compostagem e, assim, otimizá-lo. Diversos parâmetros podem ser analisados na avaliação da maturidade de composto. Os mais comuns são: pH, fósforo (P) total, temperatura, produção de gás carbônico (CO_2), matéria orgânica e nitrogênio (N) total.

Não obstante, um dos problemas encontrados para a aplicação do composto produzido pela compostagem é avaliar quando o composto está maduro para ser aplicado no solo. A aplicação de composto imaturo no solo pode causar imobilização microbiológica de nitrogênio e reduzir a concentração de oxigênio no solo, criando um ambiente redutor capaz de aumentar a solubilidade de metais pesados. Além disso, um composto imaturo gera mal cheiro, inibe a germinação de sementes e interfere negativamente no desenvolvimento de plantas.

No contexto de excesso de produção de resíduos e respectivas alternativas de resolução, incluindo a compostagem, é de fundamental importância a conscientização da sociedade, tanto no que se refere à produção de resíduos, quanto a forma correta de descartá-los. As instituições de ensino, principalmente as universidades, são essenciais para difundir informações para a comunidade. Além disso, possuem o potencial de difusão de conhecimentos, no que diz respeito à implementação de programas de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU).

No caso específico da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), a utilização da compostagem como forma de destinação final, tanto dos resíduos do Restaurante Acadêmico (RA) quanto os resíduos de poda, é particularmente interessante. Dados levantados pelo Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos (GERES) da própria Universidade estimaram a produção de resíduos orgânicos do Restaurante Acadêmico em aproximadamente 11 kg por mês, gerando um total de 220 kg por ano (GERES, 2006). Não existem dados relativos à quantidade de resíduos de poda gerados.

Neste cenário, justifica-se o presente estudo em razão do conhecimento acerca da aplicação de fertilizantes orgânicos no solo, em detrimento do uso de fertilizantes químicos, ser extremamente benéfica ao meio ambiente como um todo, reduzindo a poluição gerada pela adubação artificial. Portanto, a compostagem é duplamente benéfica: minimiza o uso de fertilizantes químicos através do uso de um composto produzido pelo reaproveitamento de resíduos que seriam descartados. Além disso, a compostagem reduz a quantidade final de resíduos enviados ao aterro sanitário, uma vez que se tem o aproveitamento da fração orgânica dos RS. Assim, a vida útil do aterro sanitário municipal será prolongada.

OBJETIVO DO TRABALHO

O presente estudo possui o objetivo de efetuar o monitoramento do processo de compostagem, e a avaliação de seus fatores intervenientes, em leiras constituídas de resíduos orgânicos oriundos do restaurante universitário e de poda de um campus universitário.



MATERIAIS E MÉTODOS

Foram montadas seis leiras de compostagem na área do viveiro de mudas do *campus* da UNIFEI. Dentre as leiras montadas mencionam-se quatro diferentes tipos de tratamento, a saber:

- **Tratamento 1:** Leira J1. Montada no início de março de 2007, com revolvimentos periódicos em média a cada 2 ou 3 dias, e acréscimo de água quando necessário;
- **Tratamento 2:** Leira C1. Montada no início de março de 2007, sem revolvimentos periódicos e sem acréscimo de água;
- **Tratamento 3:** Leiras J2 e J3. Montadas em meados de abril de 2007, com revolvimentos periódicos em média a cada 2 ou 3 dias, e acréscimo de água quando necessário; e
- **Tratamento 4:** Leiras C2 e C3. Montadas em meados de abril de 2007, sem revolvimentos periódicos e sem acréscimo de água.

As leiras foram preparadas com uma mistura de resíduos de podas de árvores do próprio *campus*, resíduos do RA da universidade e esterco bovino. A composição de cada uma das leiras também foi um diferencial para os diversos tipos de tratamento.

As leiras dos tratamentos 2 e 4 (C1, C2 e C3) apresentaram a mesma composição: aproximadamente 25% de resíduos alimentares, 25% de esterco bovino e 50% de resíduo de poda; a leira do tratamento 1 (J1), recebeu o dobro de resto de alimento em relação a leira do tratamento 2 (C1) e as leiras do tratamento 3 (J2 e J3) receberam o dobro de esterco, em relação a leira do tratamento 2 (C1). Cada uma das leiras foi montada com as dimensões de 3,0 x 1,0 x 1,0 metros e cercada com blocos de cimento, para evitar a lixiviação das mesmas, em caso de chuvas. Essa medida foi necessária, em razão das leiras estarem montadas em uma área descoberta. As leiras sofreram revolvimentos periódicos (em média, a cada 2 ou 3 dias), assim como o acréscimo de água nas épocas mais secas; este procedimento não foi aplicado para as leiras de controle.

As amostras foram coletadas mensalmente de cada uma das leiras para se avaliar o estágio de maturação no processo compostagem em que as mesmas se encontravam. Com o objetivo de avaliar o grau de maturação e qualidade do composto que estava se formando, a coleta foi feita em maior profundidade da leira (cerca de 90 cm), para que fosse coletado de fato material já decomposto e não material ainda não degradado.

Para a realização da DQO e da DBO foi necessário preparar um extrato (conforme Mangkoedihardjo, 2006), a partir da amostra retirada da leira. Este extrato foi preparado por meio do uso de um liquidificador doméstico, 500 ml da amostra juntamente com 500 mL de água destilada; este preparado foi passado em peneira 0,053 mm, com validade do extrato de 24 horas. Foram seguidos os seguintes procedimentos para a realização das análises necessárias dos parâmetros, a saber:

- **Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** determinados segundo o respectivo procedimento padrão, encontrados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998);
- **pH:** medido diretamente no extrato de composto preparado, utilizando um potenciômetro;
- **Temperatura:** medida diretamente na pilha de compostagem, utilizando um termômetro digital (escala -50°C a +150 °C); e
- **Umidade:** adaptação da metodologia de determinação de umidade de solos (Oliveira, 2001 *apud* Melloni, 2005).

Excetuando-se a temperatura, que foi medida duas vezes por semana, as demais análises foram realizadas mensalmente. Além destas análises, foi realizada a determinação de coliformes fecais (especificamente de *Escherichia coli*) do composto já pronto, como forma de atestar sua seguridade higiênica e sanitária. A metodologia utilizada foi a técnica dos tubos múltiplos, adaptada da descrição encontrada em APHA (1998); foram utilizadas as diluições 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} .

RESULTADOS

Os gráficos das Figuras 1a e 1b apresentam os resultados encontrados para os valores do parâmetro pH e umidade, respectivamente. O gráfico da Figura 2 apresenta o comportamento da temperatura ao longo do processo. Os gráficos das Figuras 3a e 3b apresentam um comparação entre os resultados encontrados para DQO e DBO, para os tratamentos 1 e 2 e dos tratamentos 3 e 4, respectivamente.

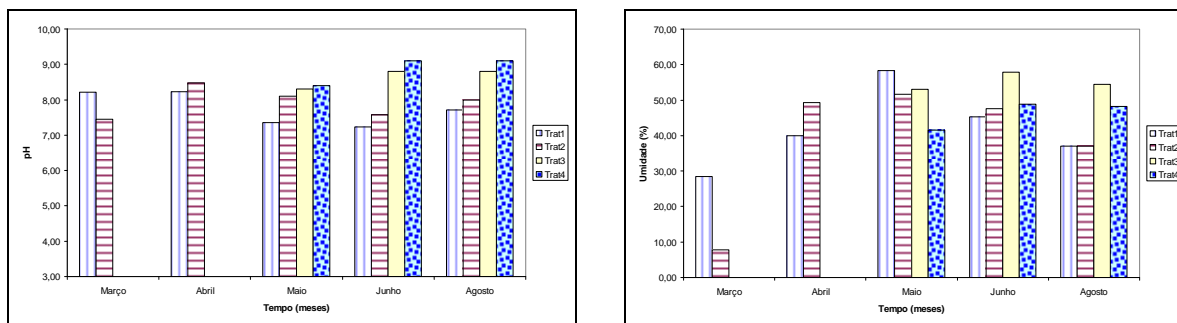


Figura 1: Variação temporal a) do pH (esquerda); b) da umidade (direita).

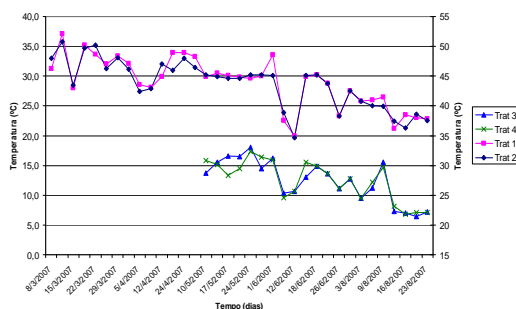


Figura 2: Variação temporal da temperatura.

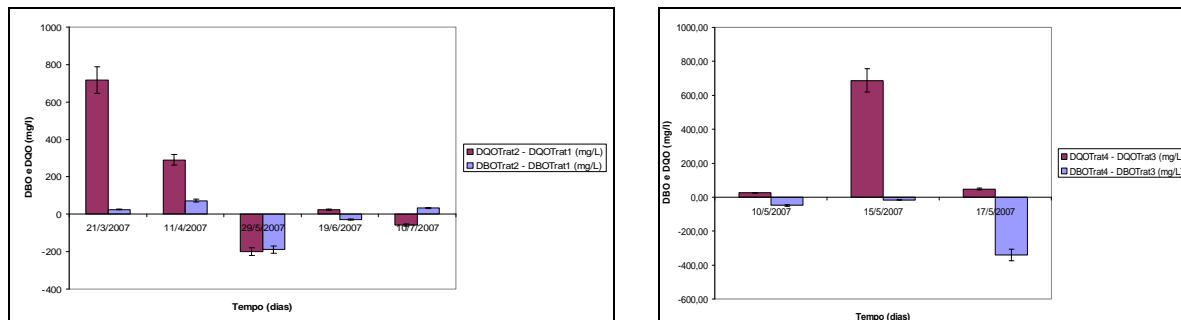


Figura 3: Variação temporal das diferenças de DBO e DQO a) entre as leiras de tratamento 1 e 2 (esquerda); b) entre as leiras de tratamento 3 e 4 (direita).

Observa-se do gráfico da Figura 1a que, para o tratamento 1, o pH manteve-se aproximadamente constante entre os meses de março e abril, sofrendo uma leve queda em maio que persistiu em junho; tal queda provavelmente significa que o processo se encontrava na fase de aquecimento, o que é corroborado pela observação de períodos onde ocorreram elevações da temperatura. O mês de agosto indicou um aumento do pH, possivelmente indicando o início da fase de biodegradação ativa.

Observa-se também, que situação inversa ocorreu com o tratamento 2, ocorrendo um acréscimo entre março e abril, e uma queda entre abril e maio; nova queda ocorreu em junho e novo aumento em agosto. Este comportamento irregular do valor do pH corrobora a necessidade de controle dos parâmetros influentes no processo de compostagem, uma vez que a leira com tratamento 2 não sofreu nenhum tipo de medida de otimização do processo.



Para o tratamento 3, verifica-se que o pH sofreu elevação entre os meses de maio e junho, permanecendo constante no mês seguinte. Comportamento idêntico ocorreu com o tratamento 4. Provavelmente, a nova composição adotada nestes tratamentos atrasou o início da fase de aquecimento, não ocorrendo a produção de ácidos orgânicos característica desta fase, e mantendo o pH elevado.

O gráfico da Figura 2 mostra que, de forma geral, os tratamentos 1 e 2 mantiveram valores de umidade próximos a faixa considerada ideal, excetuando-se o mês de março, em que os valores foram significativamente baixos por ainda não haverem sido tomadas medidas para o controle do teor de água. Os valores de umidade encontrados para os tratamentos 3 e 4 também mostram que o teor de água manteve-se bem próximo da faixa considerada ideal. Observa-se que o tratamento 1 apresentou temperaturas ligeiramente mais altas que o tratamento 2, embora em alguns pontos os valores tenham sido próximos ou até mesmo coincidentes.

No que tange ao gráfico da Figura 3a, o aumento do valor da diferença de DBO de março para abril indica um aumento do material biodegradável e maior atividade dos microrganismos. A terceira amostragem, no mês de maio, apresentou um comportamento irregular, pois a diferença negativa indica uma maior eficiência da leira de tratamento 2.

Observa-se este valor negativo tanto na diferença para a DQO quanto para a DBO, sendo que os valores encontrados foram bem próximos. No mês seguinte (junho) verifica-se uma diferença positiva para a DQO, mas negativa para a DBO. Apesar de a diferença negativa apontar para uma superioridade da leira de tratamento 1, o valor positivo para a diferença de DQO indica que esta superioridade provavelmente é devida a uma grande presença de material inerte. O fato de a diferença para a DBO voltar a ser positiva na próxima amostragem (agosto) confirma essa hipótese.

Ao verificar os tratamentos 3 e 4 (gráfico da Figura 3b) verifica-se que durante todo o processo, a leira de tratamento 4 foi mais eficiente, visto que a diferença para a DBO foi sempre negativa. O fato de a diferença para a DQO ter sido sempre positiva indica que a superioridade da leira de tratamento 4 é devida a grande quantidade de material inerte presente na leira 3. Isto mostra que a composição escolhida para estas leiras não foi adequada.

A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados determinação de coliformes totais, especificamente de *Escherichia coli*, durante a realização do experimento.

Tabela 1: Presença (+) /ausência (-) de coliformes fecais e *Escherichia Coli*.

Amostras	Diluição			Diluição		
	-3	-4	-5	-3	-4	-5
	Coliformes totais			<i>Escherichia coli</i>		
J1	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	=
J2	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	=
J3	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	=
C1	(-)	(+)	(-)	=	(-)	=
C2	(+)	(-)	(-)	(-)	=	=
C3	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	=

Os resultados encontrados indicam que o composto provavelmente não sofreu contaminação por *Escherichia coli*. Entretanto, apesar da baixa porcentagem de amostras com presença de bactérias, não é possível afirmar com certeza que o composto é higienicamente seguro; tal afirmação só é passível de ser feita após a realização de estudos complementares, com, por exemplo, a utilização da diferentes metodologias para a confirmação dos resultados encontrados.

CONCLUSÕES

De forma geral, os parâmetros analisados permitiram acompanhar de forma adequada a evolução do processo de compostagem, avaliar o grau de maturação das leiras estudadas e identificar os fatores intervenientes no processo.



Deve-se ainda lembrar que o trabalho demonstrou a viabilidade de se utilizar o processo de compostagem como forma adequada de destinação final dos resíduos de poda e também de resíduos de alimento da UNIFEI. Quanto aos parâmetros estudados, pode-se concluir que:

- Apesar a temperatura ter-se mantido abaixo dos valores preconizados como ideais pela literatura, o processo ocorreu de forma adequada. Isto comprova que a compostagem pode ocorrer a baixas temperaturas, sendo isso comum quando a quantidade de material é pequena, não permitindo a montagem de pilhas de grandes dimensões. Deve-se apenas lembrar a necessidade de um período maior de compostagem e os cuidados a serem tomados quanto a germinação de sementes e a presença de microrganismos patogênicos.
- Tanto os valores de temperatura quanto os de pH sofreram variações de acordo com o descrito na literatura.
- Até o mês de abril de 2006, os valores de DBO evidenciam a superioridade das leiras estudadas (leira estudada 37,84% mais eficiente que leira de controle); no entanto, a partir de maio, os valores de DBO indicam um melhor desempenho das leiras de controle (leiras de controle 44,13% mais eficiente que leiras estudadas). Isto se deve, provavelmente, a alteração na composição das novas leiras montadas após a amostragem do mês de abril, que parece não ter sido adequada.
- A baixa quantidade de amostras indicando a presença de *Escherichia coli* indica um composto com baixa contaminação. Contudo, maiores estudos devem ser realizados para garantir sua qualidade sanitária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA/AWWA/ WEF, 1998.
2. GRUPO DE ESTUDOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - GERES. Anteprojeto: Implantação da coleta seletiva no *Campus* da UNIFEI. Itajubá: GERES, 2006.
3. MANGKOEDIHARDJO, S. Revaluation of Maturity and Stability Índices for Compost. Surabaya, Indonésia, 2006. Disponível em <<http://www.bioline.org.br/ja>>. Acessado em 30 out. 2007.
4. MOURA, J. S. Avaliação do processo de compostagem de resíduos urbanos: o caso dos resíduos do restaurante e de poda do campus da UNIFEI. Trabalho de conclusão (graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2008.